

УДК 621.316.11

Б.Я. Оробчук канд. техн. наук., доц., Н.В. Братковський, В.Б. Семенюк
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗАМИКАННЯХ НА ЗЕМЛЮ

B.Y. Orobchuk Ph.D., Assoc. Prof.; N.V. Bratkoskyi, V.B. Semenyuk
RESEARCH OF TRANSITIONAL PROCESSES
AT SHORT CIRCUIT ON GROUND

Необхідність в аналізі перехідних процесів при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ) в електричних мережах 6-10 кВ виникає при оцінці параметрів і співвідношень перехідних струмів і напруг, що використовуються для дії захистів від даного виду ушкоджень, при дослідженні впливу перехідних процесів на стійкість функціонування захистів від ОЗЗ, при визначенні місця (зони) пошкодження на ЛЕП, при дослідженні перенапруг в мережах 6-10 кВ, при визначенні ефективного значення струму в місці пошкодження і ін.

Тому розвиток і вдосконалення методів аналізу перехідних процесів при ОЗЗ в мережах 6-10 кВ, в т.ч. і аналітичних методів розрахунку, представляє актуальну задачу. Аналітичне рішення рівнянь перехідного процесу при ОЗЗ можна отримати тільки для спрощеної схеми заміщення електричної мережі середньої напруги. У перехідному процесі при ОЗЗ умовно виділяють дві стадії, пов'язані відповідно з процесами розряду пошкодженої фази і заряду ємностей непошкоджених фаз [1]. Цим стадіям, як правило, відповідають дві основні вільні частотні складові: розрядна (хвильова, високочастотна) і зарядна (підзарядна, середньочастотна). З огляду на це всі розрахункові схеми заміщення для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ можна розділити на 2 групи: 1) схеми, що враховують наявність в перехідних струмах і напругах двох вільних частотних складових - розрядної і зарядної (такі схеми заміщення можуть бути названі двочастотними); 2) схеми, що враховують наявність в перехідних струмах і напругах однієї зарядної частотної складової (одночастотні схеми заміщення). У деяких випадках застосовуються схеми заміщення, що враховують багаточастотний характер розрядної стадії перехідного процесу при ОЗЗ, зокрема, 3-частотна схема [2].

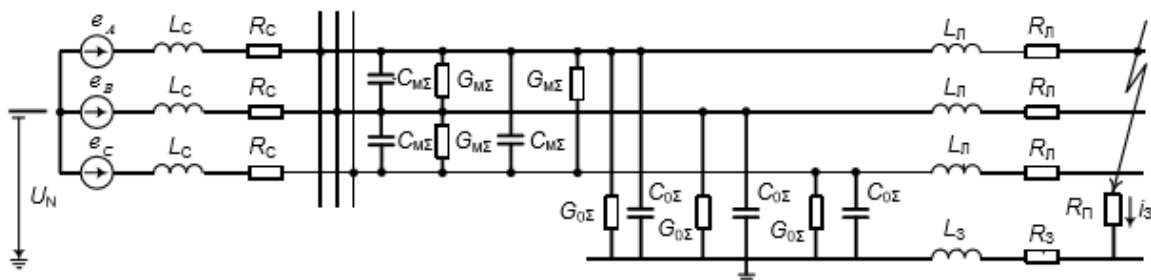


Рисунок 1. Двочастотна схема заміщення мережі 6-10 кВ
для розрахунку перехідних процесів при ОЗЗ

В [3] для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ в кабельних мережах 6-10 кВ використана схема заміщення, що враховує багаточастотний характер розрядної стадії перехідного процесу при ОЗЗ (тричастотна схема заміщення), однак обґрунтування доцільності та області застосування даної схеми заміщення тут відсутні. З метою оцінки точності розрахунків за двочастотною схемою заміщення (рис. 1) з використанням системи

моделювання WorkBench були проведені дослідження перехідних процесів при ОЗЗ на математичних моделях кабельних мереж 6-10 кВ, що враховують реальну їх конфігурацію, розподілений характер параметрів ліній, середні значення параметрів ліній (довжин, перетинів) і інших елементів і діапазони їх зміни.

Додаткові високочастотні розрядні складові, які мають, як правило, частоту порядку десятків і сотень кілогерц, призводять до "зашумлення" основною складовою, проте практично не впливають на частоту і амплітуду основної розрядної складової. З урахуванням цього при розрахунку основної частотної розрядної складової впливом ємностей елементів мережі, розташованих за місцем ОЗЗ, можна знехтувати, однак ці ємності повинні враховуватися при розрахунку зарядної і вимушеної складових. Тому при наближених аналітичних розрахунках перехідних струмів може застосовуватися двочастотна, а не тричастотна схема заміщення. Схема заміщення для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ і визначення її параметрів. З урахуванням викладеного вище розрахункову схему заміщення мережі кабельної мережі 6-10 кВ для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ не тільки в кінці лінії, але і в проміжних точках можна представити у вигляді, показаному на рис. 2.

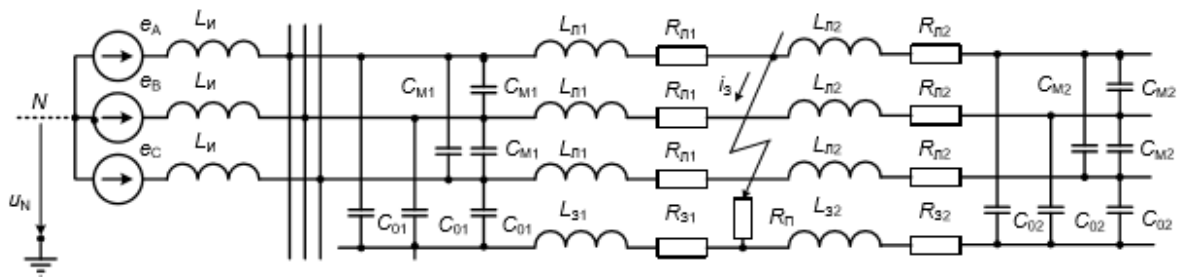


Рисунок 2. Розрахункова схема заміщення мережі 6-10 кВ для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ з урахуванням впливу ємностей елементів, розташованих за місцем ушкодження

Перехідний процес при ОЗЗ в схемі за рис. 2 описується диференціальним рівнянням 6-го порядку, тобто вихідна схема заміщення є тричастотною. Для приведення даної схеми до двочастотної при розрахунку основної розрядної складової в схемі заміщення за рис. 1 приймається: $C_{0\Sigma} = C_{01}$, $C_{M\Sigma} = C_{M1}$, $L_{\Pi} = L_{\Pi1}$, $L_3 = L_{31}$, $R_{\Pi} = R_{\Pi1}$, $R_3 = R_{31}$, а при розрахунку зарядної і вимушеної складових - $C_{0\Sigma} = C_{01} + C_{02}$, $C_{M\Sigma} = C_{M1} + C_{M2}$. Розв'язок рівнянь перехідного процесу при ОЗЗ для двочастотної схеми заміщення з використанням методу симетричних складових наведено в [3].

Отже, аналіз результатів великого числа обчислювальних експериментів показав, що уявлення перехідного процесу при ОЗЗ як одночастотного може призводити до істотних похибок в оцінці амплітуд перехідних струмів і напруг. Двочастотна схема заміщення мережі 6-10 кВ дозволяє забезпечити достатню точність розрахунків тільки при ОЗЗ в кінці лінії.

Література

1. Каганов З.Г. Хвильові напруги в електричних машинах. - М.: Енергія, 1970.
2. Качесов В.Є. Метод визначення зони однофазного замикання в розподільних мережах під робочою напругою // Електрика. - 2005. - № 6. - С. 9-19.
3. Шуїн В.А. Початкові фазові співвідношення електричних величин перехідного процесу при замиканнях на землю в кабельних мережах 6-10 кВ // Електрика. - 1991. - № 10. - С. 58-61.